

# CUKORTARTALOM-MEGHATÁROZÁS SPEKTROFOTOMETRIÁSAN

GÁBOR MIKLÓSNÉ\* RÉVÉSZ MIHÁLYNÉ\*

Az élelmiszerek cukortartalmának meghatározására a mai napig is elfogadott eljárás a Bertrand szerinti módszer különböző változata. Az eljárás több lépésből áll. Ezek jelentősen lelassítják a vizsgálatot. A levált  $\text{Cu}_2\text{O}$  csapadék szűrése, mosása, visszaoldása pedig a pontosságot csökkenti.

Megpróbáltuk fotometriás mérés beiktatásával mind a meghatározás idejét, mind pedig pontosságát előnyösen befolyásolni.

A kapott eredményeket a Bertrand szerinti meghatározás adataival vetettük össze, melyet kontroll módszernek tekintettünk (1.).

## 1. A FOTOMETRIÁS CUKORTARTALOM-MEGHATÁROZÁS ELVE

Eljárásunk azon alapul, hogy a Bertrand I. és Bertrand II. oldatokkal előírás szerint forralt vizsgálendő anyag mennyiségével arányos kupro-oxid csapadék válik ki a reakcióelegyből. Ezáltal az oldat kék színe, a kupriionok számának csökkenése folytán halványodik, melynek mértéke a cukortartalommal arányosan nő. A vakoldat és vizsgálendő oldat kék színének színintenzitás különbségét mérjük a differenciál fotometria elve alapján (2). Ismert cukortartalmú oldatokból szerkesztett kalibrációs egyenes segítségével leolvashatjuk, vagy az adott regressziós egyenes egyenletébe helyettesítve számolhatjuk (3) az ismeretlen oldat hatóanyag tartalmát

### 1.1 *Glükóztartalom-meghatározás fotometriásan*

#### 1.1.1 *Szükséges vegyszerek, műszer*

Bertrand I. oldat,  
Bertrand II. oldat,  
glükóz oldat, 0,5%,  
spektrofotométer (látható tartományban mérő).

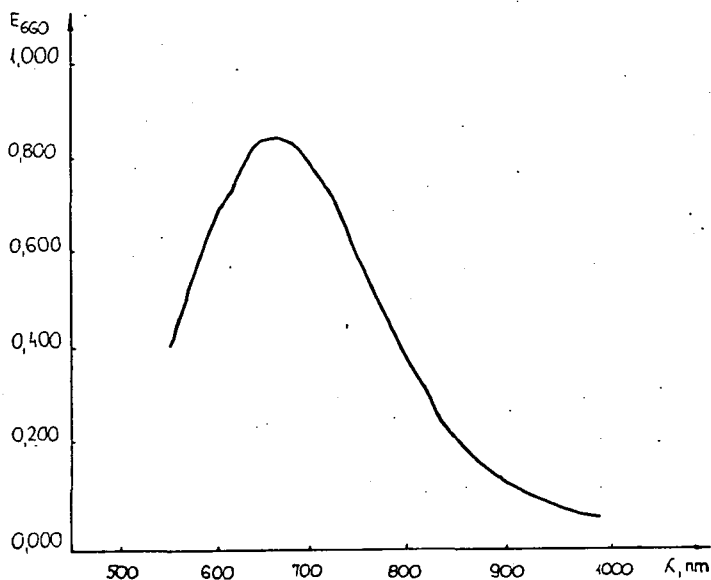
#### 1.1.2 *A reakcióelegy spektruma*

A fotometriás méréseket legkisebb hibával a vizsgálendő komponens maximális fényabszorpciójának megfelelő hullámhosszon mérhetjük. A  $\lambda_{\text{max}}$  megállapításához a vakoldat (1.1.1.3 fejezet) spektrumát vettük fel 550 és 950 nm értékek között.

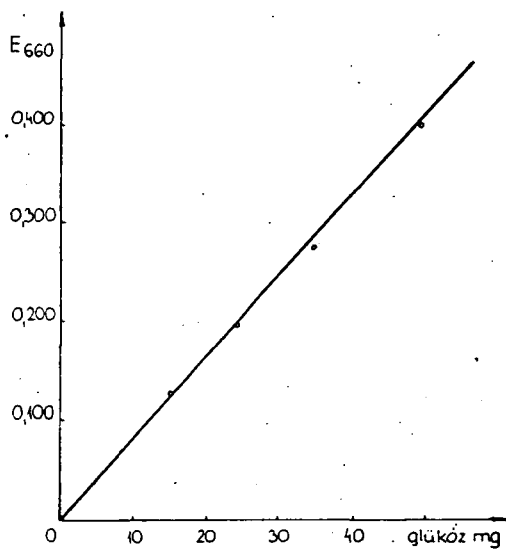
\* Kémia Tanszék

Kompenzáló oldatot úgy készítettünk, hogy a vakoldat készítésénél a Bertrand I. oldat helyett azonos mennyiségű desztillált vizet használtunk.

A spektrumot az 1. ábra szemlélteti. A kupriionok abszorpció maximuma 660 nm értéknél van.



1. ábra. A vakoldat spektruma



2. ábra. Glükóz kalibrációs egyenese

### 1.1.3 Kalibrációs egyenes felvétele

A glükóz oldatból 3, 5, 7 és 10 cm<sup>3</sup>-ket kipipettázva állítottuk elő a reakcióelegyet az alábbiak szerint.

20 cm<sup>3</sup> Bertrand I. és 20 cm<sup>3</sup> Bertrand II. oldatot pipettáztunk 100 cm<sup>3</sup>-es Erlenmeyer lombikba és forrásba hoztuk. A glükóz oldatot cseppenként adtuk a reakcióelegyhez (az egyes beméréseket előzőleg desztillált vízzel 10 cm<sup>3</sup>-re egészítve ki), majd további 2 percig egyenletes forrásban tartottuk. Vízcsap alatt 20 °C-ra lehűtve és 100 cm<sup>3</sup> mérőlombikba átmosva jelig töltöttük desztillált vízzel.

A vakoldatot oly módon készítettük, hogy glükózoldat helyett 10 cm<sup>3</sup> desztillált vizet adagoltunk a reakcióelegyhez.

A színintenzitás különbséget 660 nm értéken mértük. A kisebb színintenzitású oldatokra nulláztunk, s leolvastuk a vakolat kupriion koncentráció-többletének megfelelő extinkcióértékeket.

Ezek átlagát a megfelelő glükóztartalmú oldat glükóz mg-jaival összevetve szerkesztettük meg a kalibrációs egyenest.

Mérési adatainkat az 1. táblázat, s az ezekből szerkesztett kalibrációs egyenest a 2. ábra mutatja.

1. TÁBLÁZAT

*Különböző glükóztartalmú reakcióelegyek és a vakolat extinkcióérték különbségei*

Glükóztart., mg	Extinkció (E)			E átlag
15	0,134 0,132	0,137 0,133	0,134 0,132	0,134
25	0,194 0,200	0,194 0,200	0,194 0,202	0,201
35	0,275 0,278 0,267 0,264 0,268 0,271 0,274 0,276 0,277 0,276 0,279 0,274 0,268 0,264 0,270	0,276 0,278 0,265 0,265 0,271 0,273 0,277 0,278 0,277 0,276 0,280 0,274 0,268 0,266 0,270	0,278 0,278 0,267 0,267 0,271 0,273 0,277 0,277 0,275 0,275 0,280 0,272 0,269 0,266 0,270	0,273
50	0,400 0,398	0,398 0,398	0,398 0,400	0,399

*Méréseinkből az a következtetés vonható le, hogy az eljárás akkor a legpontosabb, ha az ismeretlen, kb. 0,5%-os glükózoldatból 7,00 cm<sup>3</sup>-t mérünk a reagensekhez.*

## 2. GLÜKÓZTARTALOM-MEGHATÁROZÁS BERTRAND SZERINT

A fotometriás eljárás pontosságának matematikai módszerrel történő kiértékeléséhez végeztük el az általunk alapmódszerként elfogadott Bertrand szerinti glükóztartalom-meghatározást.

### 2.1 Szükséges vegyszerek

Bertrand I. oldat,  
Bertrand II. oldat,  
Bertrand III. oldat,  
glükózoldat, 0,5%,  
0,1 n  $\text{KMnO}_4$  oldat.

### 2.2 A mérés kivitelezése

A 0,5%-os glükózoldatból 3, 5, 7 és 10  $\text{cm}^3$ -es részleteket pipettáztunk ki, s valamennyit 10  $\text{cm}^3$ -re egészítettük ki desztillált vízzel. 20  $\text{cm}^3$  Bertrand I. és 20  $\text{cm}^3$  Bertrand II. oldatot pipettával összemértünk 100  $\text{cm}^3$ -es Erlenmeyer lombikba és 1 perc alatt forrásig hevítettük, majd a glükóz oldatot hozzácepegtettük. 2 percig tartó egyenletes forralás után a reakcióelegyet lehűtve vízcsap alatt, a kuprooxid csapadékot G4 üvegszűrőn szűrtük le, majd forró desztillált vízzel többször átmostuk. A csapadékot 20  $\text{cm}^3$  Bertrand III. oldattal feloldottuk. Az üvegszűrőt desztillált vízzel alaposan átmostuk a szívópalackba, s ezután a reakcióelegyet  $\text{KMnO}_4$ -oldattal megtitráltuk. A permanganát-oldatnak megfelelő cukortartalmat táblázatból kerestük ki.

Az eredményeket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

### 2. TÁBLÁZAT

*Különböző mennyiségű 0,5%-os glükóz oldatok glükóztartalma (mg) Bertrand szerint*

Glükóz oldat, $\text{cm}^3$	Glükóz, mg		Glükóz mg, átlag
3,00	15,40 15,25	15,30 15,30	15,33
5,00	24,10 24,20	24,10 24,00	24,10
7,00	32,43 32,43 32,43 32,48 32,37 32,61 32,22 32,22	32,43 32,24 32,22 32,18 32,24 32,24 32,33	32,34
10,00	46,44 46,40	46,55 46,60	46,50

### 3. MATEMATIKAI SZÁMÍTÁSOK

Matematikai alapon vizsgáltuk, a *t-próba* alapján, hogy módszerünk befolyással van-e a mért cukortartalom értékére. A számításhoz a Bertrand szerint meghatározott glükóz mg-ok ( $X$ ), ezeknek az átlagtól való eltérései ( $\bar{X}-X_i$ ), s az átlagtól való eltérések négyzetei ( $(\bar{X}-X_i)^2$ ) adatokra volt szükség. Ezeket a 3. táblázatban foglaltuk össze.

3. TÁBLÁZAT

*Bertrand mérésekből nyert matematikai adatok a szórásnégyzet számításához*

$X$	$(\bar{X}-X_i)$	$(\bar{X}-X_i)^2$
32,43	0,09	0,0081
32,43	0,09	0,0081
32,43	0,09	0,0081
32,24	0,10	0,0100
32,43	0,09	0,0081
32,22	0,12	0,0144
32,48	0,14	0,0196
32,18	0,16	0,0256
32,37	0,03	0,0009
32,24	0,10	0,0100
32,61	0,27	0,0729
32,24	0,10	0,0100
32,22	0,12	0,0144
32,33	0,01	0,0001
32,22	0,12	0,0144

$$\bar{x}_1 = 32,34 \quad \Sigma / \bar{x} - x_i / ^2 = 0,2247,$$

$$SD_1^2 = \frac{(\bar{x} - x_i)^2}{n - 1} = \underline{0,016},$$

$\bar{x}_1$  = a Bertrand módszerrel kapott glükóz mg-ok átlaga,

$SD_1^2$  = a Bertrand módszer szórásnégyzete,

$n$  = a mérések száma.

A fotometriás mérések szórását úgy tudtuk számolni, hogy az extinkció értéket glükóz mg-ra számoltuk át előzőleg. Ehhez a regressziós egyenesre van szükség. Az egyenes általános képlete:

$$Y = aX + b$$

Az egyenes kiszámításához a négy különböző mennyiségű glükóz oldat összetartozó mg-extinkció értékeit választottuk ki. A szükséges adatokat a 4. táblázatban foglaltuk össze.

#### 4. TÁBLÁZAT

Adatok a regressziós egyenes számításához

X	Y	X <sup>2</sup>	X · Y
46,44	0,399	2156,67	18,5295
45,55	0,399	2166,90	18,5735
32,43	0,276	1051,70	8,9507
32,24	0,273	1039,42	8,8015
24,10	0,198	580,81	4,7718
24,10	0,201	580,81	4,8441
15,40	0,135	237,16	2,0790
15,25	0,133	232,56	2,0130

X=a Bertrand eljárással mért glükóz, mg,

Y=a fotometriás eljárással mért extinkció értékek.

A regressziós egyenes *a* és *b* együtthatóinak kiszámítását az alábbi összefüggések alapján nyertük:

$$a = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} = 0,0087,$$

$$b = \frac{\sum y - a \sum x}{n} = 0,0061,$$

Az egyenes egyenlete tehát:

$$y = 0,0087 x - 0,0061.$$

Az egyenlet segítségével számítottuk ki az egyes extinkció értékeknek megfelelő glükóz mg mennyiségeket, az

$$x = \frac{y - b}{a}$$

összefüggés alapján, ahol

Y=az extinkció érték,

X=glükóz mg érték.

A számított értékeket, valamint a szórásnégyzet számításához szükséges adatokat az 5. táblázat tartalmazza.

Jelölések:

$\bar{X}$ =a fotometriásan mért extinkció értékeknek megfelelő glükóz (mg) értékek átlaga a regressziós egyenesből számolva,  $SD_2^2$ =a fotometriás mérés szórásnégyzete. A *t* értékének kiszámításához szükség van még az  $s_d$  értékre is.

$$s_d = \frac{SD_1^2 + SD_2^2}{n} = 0,1826$$

## 5. TÁBLÁZAT

*A fotometriás mérésekből számított adatok a szórásnégyzet számításához*

Y	X	$(\bar{X} - X_i)$	$(\bar{X} - X_i)^2$
0,276	32,420	0,39	0,1521
0,278	32,650	0,62	0,3344
0,266	31,276	1,15	1,3230
0,266	31,276	1,15	1,3230
0,270	31,736	0,29	0,0784
0,272	31,965	0,06	0,0036
0,276	32,420	0,39	0,1521
0,277	32,540	0,51	0,2601
0,276	32,420	0,39	0,1521
0,275	32,310	0,28	0,0784
0,280	32,885	0,85	0,7225
0,273	32,080	0,05	0,0025
0,269	32,620	0,41	0,2106
0,265	31,161	0,87	0,7569
0,270	31,736	0,30	0,0900

$$\bar{x}_2 = 32,030 \quad \Sigma(\bar{x} - x_i)^2 = 3,5692$$

$$SD_2^2 = \frac{\Sigma(\bar{x} - x_i)^2}{n-1} = 0,25066.$$

A  $t$  értékének kiszámításához felhasznált összefüggés:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_d}$$

Behelyettesítve  $t$  értékére kapott értékünk 1,697.

A táblázatból vett  $t$  értékek az alábbiak:

$p=0,1\%$  esetén 4,07

$p=1\%$  esetén 2,95

$p=5\%$  esetén 2,13

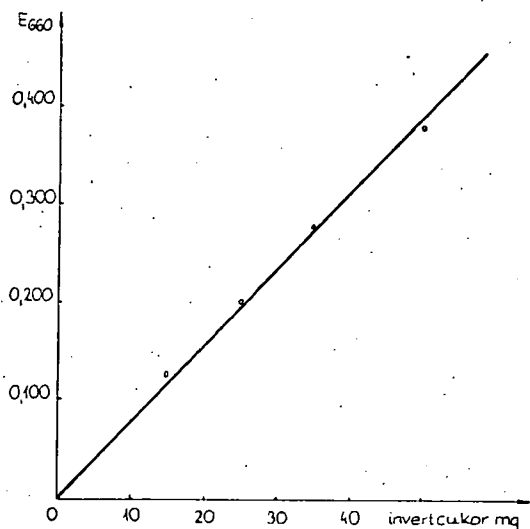
A  $t_{\text{táblabeli}}$  tehát nagyobb, mint  $t_{\text{számított}}$ . Ez azt jelenti, hogy a módszer nincs befolyással a cukortartalom értékére.

## 4. SZACHARÓZTARTALOM-MEGHATÁROZÁS FOTOMETRIÁSAN

Élelmiszereink nagy részében az édesítőanyag a szacharóz. Így célszerűnek tartottuk, hogy a glükózmeghatározás (mint a módszer általános alkalmazhatóságát bizonyító eljárás) sikeres lefolytatása után a módszert a szacharóz-meghatározásra kiterjesszük.

A fotometrázás előtt az oldatot — tekintettel arra, hogy a szacharóz nem redukáló diszacharid — elhidrolizáltuk az alábbiak szerint.

100 cm<sup>3</sup> 0,5% szacharóz oldatot 250 cm<sup>3</sup>-es mérőlombikba pipettáztunk és hozzámértünk 2,50 cm<sup>3</sup> tömény sósavat. Három percig 60 °C -os vízfürdőben állandóan rázogattuk, majd további 7 percig állni hagytuk. A reakcióelegyet vízcsap alatt 20 °C-ra lehűtöttük s fenolftalein indikátor jelenlétében 6 n nátrium-hidroxid oldattal semlegesítettük a sósavat. A vizsgálatot ezután az 1.1.3 pontban leírtak szerint elvégeztük. Az invertcukor kalibrációs egyenesét a 3. ábra szemlélteti. A Bertrand meghatározással kapott adatokkal összevetve, megállapítottuk, hogy a beiktatott hidrolízis nem csökkentette az eljárás pontosságát.



3. ábra. Invertcukor kalibrációs egyenese

## 5. ÉTCSOKOLÁDÉ SZACHARÓZTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

### 5.1 Előkészítő laboratóriumi műveletek

A kalibrációs egyenes felvételéhez 3,00, 3,50, 4,00, 4,50 és 5,00 g reszelt csokoládét mértünk be (5—5 párhuzamost) 100 cm<sup>3</sup>-es főzőpoharakba. A mintákhoz 0,2 g kalcium- karbonátot adtunk, majd 30 cm<sup>3</sup> desztillált vízzel, üvegbottal kavargatva szuszpenziót állítottunk elő. Kb. 50 °C vízfürdőn addig kevergettük, míg a rendszer homogénné nem vált. A vízfürdőről levéve a poharakat 8,00 cm<sup>3</sup> 30%-os bázisos ólom- acetát oldatot pipettáztunk a mintákhoz. Kb. 5 perc múlva az ólomfelesleget 15,00 cm<sup>3</sup> hidegen telített dinátrium-hidrogén-foszfáttal választottuk le. A mintát ezután 200 cm<sup>3</sup>-es mérőlombikba átmostuk, majd desztillált vízzel jelig töltöttük. A mintát száraz tölcséren és szűrőpapíron keresztül száraz edénybe szűrtük. A kristálytiszt szűrlet 40,00 cm<sup>3</sup>-ét 100 cm<sup>3</sup>-es mérőlombikba mértük és 2,50 cm<sup>3</sup> tömény sósavval elegyítve 60°C-os vízfürdőben 10 percig hidrolizáltuk. Lehűtés után fenolftalein indikátor jelenlétében 10%-os nátrium-hidroxid oldattal semlegesítettük az oldatot, majd jelig töltöttük. Az így nyert törzsoldat 10—10 cm<sup>3</sup>-ét használtuk mind a fotometriás, mind a Bertrand szerinti meghatározáshoz (1.1.3 ill. 2. pontok szerint.).



## 5.2 A Bertrand meghatározással kapott eredmények

Mérési adatainkat a 6. táblázatban foglaltuk össze.

### 6. TÁBLÁZAT

*Budapest étcsokoládé invertcukor tartalma Bertrand szerint,  
különböző bemérések esetén*

Bemérés, g	Invertcukor, mg			Invertc. átlag, mg
3,00	28,80 28,30	28,10 28,53	28,30	28,41
3,50	33,02 33,35	33,24 33,00	33,17	33,16
4,00	37,78 37,72	37,93 37,94	38,00	37,88
4,50	42,69 43,00	42,87 42,76	42,63	42,79
5,00	47,47 47,51	47,22 47,40	47,00	47,34

A matematikai statisztikai számítások elvégzéséhez tizenöt 4,00 grammos bemérést eszközöltünk. Az 5.2 pont szerint elvégzett vizsgálatokkal az alábbi invertcukor (mg) értékeket kaptuk:

37,60 37,82 37,90 37,75 38,18

38,00 37,60 37,78 37,67 37,78

37,97 37,90 37,00 38,05 37,97

A számtani átlag ( $\bar{X}$ ) = 37,86.

### 6. A FOTOMETRIÁS MEGHATÁROZÁSSAL KAPOTT EREDMÉNYEK

Mérési eredményeinket a 7. táblázatban foglaltuk össze.

A matematikai statisztikai számításokhoz a 4,00 g csokoládébemérésből 15 bemérést eszközöltünk. A fotometriásan kapott extinkció értékek az alábbiak szerint alakultak:

0,311 0,312 0,311 0,316 0,308

0,315 0,311 0,310 0,310 0,309

0,315 0,316 0,313 0,311 0,316 átlag: 0,312

## 7. TÁBLÁZAT

Budapest étcsokoládé invertcukor tartalmának megfelelő extinkció értékek

Csokoládé, g	Extinkció			Extinkció, átlag
3,00	0,226 0,221 0,224 0,225 0,224	0,228 0,223 0,225 0,255 0,227	0,222 0,221 0,221 0,225 0,225	0,225
3,50	0,265 0,270 0,270 0,268 0,267	0,270 0,270 0,269 0,271 0,268	0,270 0,270 0,269 0,268 0,267	0,269
4,00	0,317 0,308 0,310 0,314 0,316	0,314 0,331 0,313 0,315 0,317	0,314 0,308 0,313 0,313 0,317	0,313
4,50	0,357 0,360 0,356 0,363 0,362	0,355 0,361 0,357 0,366 0,363	0,357 0,361 0,355 0,364 0,363	0,360
5,00	0,402 0,410 0,400 0,405 0,411	0,401 0,410 0,401 0,404 0,411	0,401 0,412 0,410 0,404 0,410	0,405

## 6. A MÓDSZER MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉSE

A matematikai számításokkal azt kívántuk vizsgálni, hogy a speciális előkészítő eljárások voltak-e befolyással a módszer pontosságára.

### 6.1 A *t*-próba

A 3. pontban leírtak szerint számítottuk ki az egyes tényezőket. A Bertrand-meghatározás szórásnégyzete,

$$SD_1^2 = 0,0289.$$

A fotometriás mérések szórását úgy tudtuk számolni, hogy az extinkcióértékeket invertcukor mg-ra számoltuk át előzőleg. Az ehhez szükséges regressziós egyenes egyenlete

$$Y = 0,0095X - 0,0468$$

értéknek adódott.

A fotometriás mérések szórásnégyzete

$$SD_2^2 = 0,0870.$$

A  $t$  értékének kiszámításához szükséges még  $s_d$  is:

$$s_d = 0,088.$$

A meglévő adatok behelyettesítésével kaptuk  $t_{\text{számított}}$  értékét:

$$t_{\text{szám.}} = 2,61.$$

Tekintettel arra, hogy  $t_{\text{szám.}}$  kisebb, mint  $t_{\text{táblabeli}}$ , a módszer nincs befolyással a kapott értékekre.

## 6.2 F-próba számítása

Az  $F$ -próba segítségével eldönthetjük, hogy a két módszer összehasonlítható-e egymással.

$$F = \frac{SD_1^2}{SD_2^2} = 3,01.$$

Mivel  $F_{\text{szám.}}$  kisebb, mint  $F_{\text{táblabeli}}$ , a két módszer szignifikánsan nem különbözik egymástól.

A pontosság felméréséhez kiszámítottuk a korrelációs koefficiens is.

$$r = \frac{SP}{\sqrt{SQ_x \cdot SQ_y}},$$

$SQ_x$  =  $X$  változó összes eltérésnégyzete:

$$\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} = 1\,128,795$$

$SQ_y$  =  $Y$  változó összes eltérésnégyzete;

$$\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} = 0,1026378$$

$SP$  – a két változó összes eltérés szorzata:

$$\sum XY - \frac{(\sum X) \cdot (\sum Y)}{n} = 10,75247.$$

A fentiekből:

$$r = 0,9981.$$

A determinációs koefficiens:

$$r^2 = 0,9981.$$

mely azt jelenti, hogy módszerünk 99,81% pontosságú.

## 7. Összefoglalás

Vizsgálatainkat matematikailag értékelve azt állapíthatjuk meg, hogy az általunk javasolt új eljárás alkalmas cukortartalom gyors, objektív meghatározására. A módszer nagy előnye, hogy kevésbé vegyszerigényes, valamint a munkaidő is lényegesen rövidebb.

Sorozatvizsgálatoknál jól használható, akár félkész, akár késztermék ellenőrzésnél.

A méréshez látható tartományban mérő — tehát viszonylag olcsóbb — fotométer is megfelel.

A kisebb időigényesség folytán alkalmas adathalmazok képzésére, matematikai statisztikai számításokhoz, új gyártástechnológiák bevezetésénél az egyes folyamatok ellenőrzésére,

## IRODALOM

1. Erdey L.: Bevezetés a kémiai analízisbe II. Térfogatos analízis. Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.
2. Csányi L. — Farsang Gy. — Szakács O.: Műszeres analízis, Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.
3. Sváb J.: Biometriai módszerek a kutatásban, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1973.

## SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF SUGAR CONTENT

*E. Gábor and E. Révész*

The principle of the method is that a photometric measurement is made of the copper sulphate concentration decreased by the corresponding amount of copper oxide precipitated from the reaction mixture in the course of the Bertrand sugar determination. A reaction mixture of similar composition, but not containing sugar, is used as compensating solution. The method has the advantages that it is much faster than the Bertrand determination, and requires less chemicals. Mathematical calculations have confirmed that it is equivalent in accuracy to the standard Bertrand sugar determination method.

## SPÉKTROPHOMETRISCHE ZUCKERGEHALTBESTIMMUNG

*E. Gábor — E. Révész*

Das Wesen der Methode ist die photometrische Messung der um eine — dem während der Bertrand'schen Zuckerbestimmung aus dem Reaktionsgemisch ausgeschiedenen Kupferoxyd-Anteil entsprechende Menge verringerten Kupfersulfat-Konzentration. Als kompensierende Lösung dient das ähnlich zusammengesetzte, Zucker nicht enthaltende Reaktionsgemisch. Ein Vorteil der Methode ist, dass sie viel schneller ist als die Bertrand'sche Zuckerbestimmung und weit weniger Chemikalien bedarf. Die mathematischen Berechnungen haben erwiesen, dass sie an Genauigkeit der als Standard-Verfahren betrachteten Bertrandschen Zuckerbestimmung gleichkommt.

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ САХАРА

*E. Габор — E. Ривис*

Принцип метода состоит в том, что в ходе определения содержания сахара по Берtrandу производится фотометрическое измерение концентрации сульфата меди, понижающейся соответственно количеству выделяющейся из реакционной смеси окиси меди. В качестве компенсирующего раствора нами применялась реакционная смесь подобного состава, не содержащая сахара.

Преимущество метода — значительно большая, по сравнению с методом по Берtrandу, быстрота определения и меньшая потребность химикатов. Математические расчёты показывают, что с точки зрения точности метод равноценен применявшемуся в качестве стандарта методу Бертранда.